

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-133412

(P2000-133412A)

(43) 公開日 平成12年5月12日 (2000. 5. 12)

(51) IntCl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 T 15/00

H 0 1 T 15/00

Z 4 K 0 2 9

// C 2 3 C 14/40

C 2 3 C 14/40

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-310796

(22) 出願日 平成10年10月30日 (1998. 10. 30)

(71) 出願人 000002428

芝浦メカトロニクス株式会社

神奈川県横浜市栄区笠間町1000番地 1

(72) 発明者 栗 山 昇

神奈川県横浜市栄区笠間町1000番地 1 芝

浦メカトロニクス株式会社横浜事業所内

(74) 代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外 3 名)

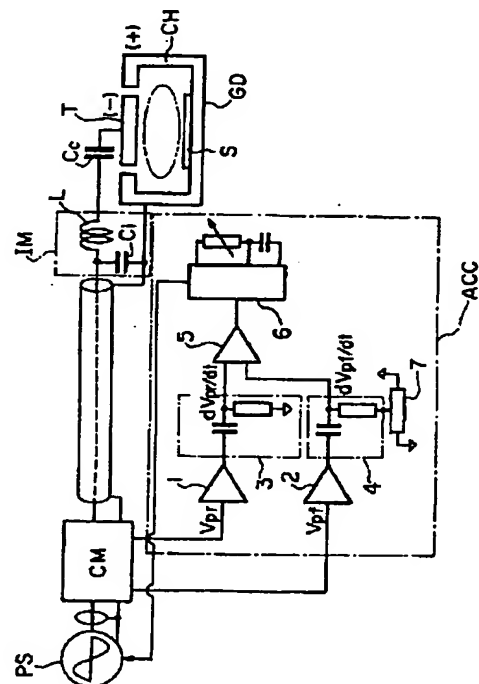
Fターム(参考) 4K029 CA05 DC35 EA09

(54) 【発明の名称】 グロー放電装置の放電制御方法および放電制御装置

(57) 【要約】

【課題】 放電開始圧力よりも低いスパッタプロセス圧力でアーク放電を抑制してグロー放電を安定的に行うような電源制御を行う方法および装置を提供すること。

【解決手段】 高周波電源を用いたグロー放電装置における放電を制御する方法において、前記グロー放電装置におけるグロー放電からアーク放電への移行を検出し、この検出の直後の10マイクロ秒以内の時間にわたり、前記高周波電源からの給電を停止するようにしたことを特徴とするグロー放電装置の放電制御方法、および高周波電源から電力計CM、インピーダンス・マッチング回路IMを介して供給されるグロー放電装置GDと、前記電力計から取り出された信号により反射波電圧の変化分および進行波電圧の変化分を得、これら変化分の前者と後者との差をとる差分回路5と、この差分回路の出力に基づき前記グロー放電装置がグロー放電からアーク放電に移行したことを検出してから前記高周波電源からの給電を10マイクロ秒以内の時間にわたり停止させる制御回路6とをそなえた放電制御装置。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】高周波電源を用いたグロー放電装置における放電を制御する方法において、

前記グロー放電装置におけるグロー放電からアーク放電への移行を検出し、

この検出の直後の 10 マイクロ秒以内の時間だけ、前記高周波電源からの給電を停止するようにしたことを特徴とするグロー放電装置の放電制御方法。

【請求項 2】高周波電源から電力計、インピーダンス・マッチング回路を介して供給されるグロー放電装置と、前記電力計から取り出された信号により反射波電圧の変化分および進行波電圧の変化分を得、これら変化分の前者と後者との差をとる差分回路と、

この差分回路の出力に基づき前記グロー放電装置がグロー放電からアーク放電に移行したことを検出して前記高周波電源からの給電を 10 マイクロ秒以内の時間だけ停止させる制御回路とをそなえた放電制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波電源を用いたグロー放電装置の放電制御方法および放電制御装置に係り、とくにグロー放電からアーク放電に移行した際の制御方法および制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】たとえばスパッタリング技術においては、所定空間においてグロー放電を行うが、とくに絶縁物などをスパッタリングするには高周波電源を用いて給電する。この高周波スパッタリングでは、そのグロー放電による処理中に突然アーク放電に移行し、試料にダメージを与えることがある。一般的に、電力が大きくなるとアーク放電が発生しやすくなる。すなわち電力を増してスパッタ速度を大きくしていくと、アークの発生が少ない領域からアークが生じてすぐには消えない領域となり、さらに大きくしていくと連続してアーク放電し消えない領域となる。

【0003】アークの発生し易さおよびアークの消えない電力値は、真空容器（チャンバ）を一方の電極としたとき、他方の電極となるターゲットの材質、密度、冷却条件などにより決まる。ターゲットの材質に応じて電力を定めることによりアークを発生し難い条件とすることも可能であるが、ターゲットの材質は種々であるから実際的ではない。

【0004】したがって、グロー放電からアーク放電に移行し始めたときにアークを遮断するのが最も実際的かつ効果的な方法である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このアーク遮断については、グロー放電からアーク放電への移行を検出し、次いで直ちに高周波電源からの給電を停止することになる。そして、給電停止時間は適当な時間を選択しない

と、再びアーク放電に移行する。この給電停止時間は従来 200 マイクロ秒程度とされており、そのような運用がなされている。

【0006】しかし、給電停止時間が 200 マイクロ秒であってもアーク放電は停止するが、他方スパッタリングを継続するためのグロー放電を維持することが難しい状況が出てきている。これは、スパッタ薄膜の機能膜としての応用が広がり、スパッタ圧力を放電開始圧力よりも低くしてプロセスを行うようになってきていることに起因する。

【0007】このように、スパッタプロセス圧の低下傾向の下では、200 マイクロ秒の給電停止はグロー放電に悪影響を及ぼすことが問題となっている。

【0008】本発明は上述の点を考慮してなされたもので、放電開始圧力よりも低いスパッタプロセス圧でアーク放電を抑制してグロー放電を安定的に行うような電源制御を行う方法および装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的達成のため、本発明では、請求項 1 記載の、高周波電源を用いたグロー放電装置における放電を制御する方法において、前記グロー放電装置におけるグロー放電からアーク放電への移行を検出し、この検出の直後の 10 マイクロ秒以内の時間にわたり、前記高周波電源からの給電を停止するようにしたことを特徴とするグロー放電装置の放電制御方法、および請求項 2 記載の、高周波電源から電力計、インピーダンス・マッチング回路を介して供給されるグロー放電装置と、前記電力計から取り出された信号により反射波電圧の変化分および進行波電圧の変化分を得、これら変化分の前者と後者との差をとる差分回路と、この差分回路の出力に基づき前記グロー放電装置がグロー放電からアーク放電に移行したことを検出してから前記高周波電源からの給電を 10 マイクロ秒以内の時間にわたり停止させる制御回路とをそなえた放電制御装置、を提供するものである。

【0010】

【発明の実施の形態】グロー放電装置は、高周波電源から電力計、マッチング回路を介して給電される。この給電経路は高周波を伝送するから分布定数回路として捉えられる。

【0011】グロー放電が行われている間、高周波電源から放電装置へは、できる限り反射波電力が少くかつ進行波電力が大きくなるように給電が行われ、反射波電力、進行波電力ともに大きな変化をしない。これに対し、グロー放電装置でアーク放電が生じると、反射波電力が急増し、この変化によってアーク放電発生が検出できる。

【0012】一方、アーク放電が発生すると進行波電力は減少する。したがって、反射波電力が急増したことで

進行波電力が減少したことによってアーク放電への移行を検出することができる。

【0013】進行波電力の減少をアーク放電移行検出のもう1つの条件とするのは、次の理由による。反射波電力は高周波電源の再始動時にも急増し、反射波電力だけによったのでは、アーク放電移行によるものか高周波電源の再始動時のものかが判別できない。この点、進行波電力はアーク放電移行時は減少するが、高周波電源の再始動時は増加する。したがって、反射波電力および進行波電力の両者を監視することによって、アーク放電移行を高周波電源の再始動時と識別できる。

【0014】ここで、スパッタリング装置では、上述したようにスパッタ圧力の低圧化が図られている。すなわち、生成膜の品質を向上する試みとして、チャンバ内に充填されるアルゴンガスの圧力を低下させることが行われている。これは、次の理由による。

【0015】良質な生成膜を得るには、スパッタ粒子がチャンバ内を減速せずに高速移動してターゲットに衝突する必要がある。それには、スパッタ粒子の移動経路に存在するアルゴン原子数が少ない方がよい。チャンバ内の圧力を下げれば、スパッタ粒子が移動途中で他のアルゴン原子に衝突する確率が減る。そこで、スパッタ圧力つまりチャンバ内のアルゴン圧を低下させることが行われる。

【0016】この場合、問題となるのがグロー放電からアーク放電に移行したとき高周波電源を遮断してアーク放電を停止させるのであるが、高周波電源の給電停止時間が長くなるとプラズマが消失するため、グロー放電が消失してスパッタリングが継続できなくなることである。このことから、高周波電源の給電停止時間がある程度以下の長さにしなければならないことが分かった。

【0017】

【実施例】図1は、本発明に係るグロー放電装置の給電制御回路を示したものである。この回路では、たとえば周波数13.56MHzの出力を生じる高周波電源PSから、同軸ケーブル、電力計CM、同軸ケーブル、インピーダンスマッチング回路IMおよび直流カットキャパシタCcを介してターゲットおよびチャンバに接続されて、高周波電源RFからターゲットーチャンバ間に給電される構成となっている。そして、電力計CMにはアーク検出制御回路ACCが接続されている。

【0018】この高周波給電回路における給電制御を行うために、電力計CMから取り出した反射波電力および進行波電力の替わりに、反射波電圧Vprおよび進行波電圧Vpfを用い、増幅器1、2を介して微分回路3、4に与えて微分信号dVpr/dt、dVpf/dtを取り出し、これら微分信号をコンパレータ5に与えて前者から後者を差し引いた差を得る。この差はモノマルチ回路6に与えられるが、差がある程度以上大きいとモノマルチ回路6から高周波電源RFに対して遮断時間を示

す、持続時間を持ったアークカットパルスつまり電源遮断信号として与えられ、高周波電源RFは給電を停止する。

【0019】この図1に示した装置において、GDはグロー放電装置であり、ここでは一方極が真空容器CHで、他方極であるターゲットTとの間にグロー放電を生じ、スパッタリングを行う。このグロー放電装置GDには、高周波電源PSから電力計CM（パワーモニタ）、インピーダンスマッチング回路IMおよび直流カットキャパシタCcを介して、たとえば13.56MHzの高周波給電が行われる。

【0020】すなわち電力計CMは、高周波電力を測定する装置もしくは計器を接続し得る端子を有するものである。またインピーダンスマッチング回路IMは、線路インピーダンスとグロー放電装置GDのインピーダンスとを整合させるものであり、これにより高周波電源PSの出力を、負荷への進行波電力を最大に、また負荷からの反射電力を最小にするように調整して、効率良く高周波電力をグロー放電装置GDに供給するようにしたものである。グロー放電装置GDは、その放電に整流作用を伴うものであるから、ターゲットTには直流電圧VDCが発生し、インピーダンスマッチング回路IMとの間は直流カットキャパシタCcにより直流的に切離されている。

【0021】図2は、図1に示した装置におけるアーク発生前後の状態変化をタイムチャートとして示したものである。ここでは、進行波電圧Vpf、反射波電圧Vpr、インピーダンスマッチング回路IMの出力電圧VRFおよびグロー放電装置GDのターゲット直流電圧VDCについて示している。まず、給電電圧Vpfはアーク発生により低下または上昇する。これは、インピーダンスマッチング回路IM等の条件により変るが、通常は低下するようになる。

【0022】これに対し、反射波電圧Vprはアーク発生前は略々ゼロに抑えられているが、アーク発生によって負荷インピーダンスが変わることにより必ず上昇する。また、高周波電圧VRFは、測定点によって異なるが通常は低下する。

【0023】そして直流電圧VDCは、電力値、負荷、ターゲットの材質、およびガスによって定まる負の高電圧からゼロに向って急激に変化する。したがって、これら4要素中の適当なものを選択して監視することにより、アーク発生を検出することができる。

【0024】図3は、スパッタリング用のグロー放電中にアーク放電への移行があったときのターゲットーチャンバ間の電圧変化を示したものである。ターゲットはチャンバに比べて面積が小さいため、両者間に高周波グロー放電を行うと、一種の整流作用が生じてターゲット側が一の直流電圧VDCを生じる。そして、アーク放電に移行すると、この直流電圧VDCが急激に低減することも知

られている。

【0025】この図3では、ターゲットーチャンバ間の電圧変化を上下2段に分けて、上段には時間軸である横軸1目盛を1ミリ秒とし、下段は横軸1目盛を0.1マイクロ秒として表している。そして、上段におけるグロー放電からアーク放電への移行期間を時間軸に沿って拡大して示している。

【0026】上段ではスパッタ期間からアーク期間への移行により段差を生じているから明らかであるのに対し、下段ではターゲットーチャンバ間電圧 V_{dc} が波形の左右両端に示され、波形左端の V_{dc} に比べて波形右端の V_{dc} は小さいことが看取できる。すなわち、遷移時間0.6マイクロ秒を経ると V_{dc} がこれだけ変化することが分かる。そこで、 V_{dc} を監視することにより、グロー放電からアーク放電への移行を検出することができる。

【0027】ただし、ターゲットがほぼ完全な絶縁物であると、 V_{dc} は検出できない。この場合にも有効な検出法が、反射波電圧(V_{pr})および進行波電圧(V_{pf})の各微分(dV_{pr}/dt , dV_{pf}/dt)を取り、前者から後者を差し引いた値($dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt$)を見る方法である。

【0028】図4は、図1に示した実施例の動作説明のための進行波電圧 V_{pf} 、反射波電圧 V_{pr} の両信号、およびこれら両信号に基づく変化分の差分信号($dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt$)の変化を示すタイムチャートである。まず、正常放電時 t_{11} には進行波電圧 V_{pf} は設定値、反射波電圧 V_{pr} はゼロ、したがって($dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt$)もゼロとなる。

【0029】次いで、アーク発生時点 t_{12} になると、進行波電圧 V_{pf} が低下(上昇)して反射波電圧 V_{pr} が急上昇し、したがって($dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt$)が急峻に立上り、検出レベルを超える。これにより、制御回路CCが検出動作し高周波電源PSを停止させ、時点 t_{13} にて高周波電源PSが停止する。この後、時点 t_{14} まで高周波電源PSとかインピーダンスマッチング回路IMのLCにより減衰振動電流が流れ、次いで時点 t_{15} まで制御回路CCのタイマ動作による休止時間となる。

【0030】休止時間の経過後の時点 t_{15} で、高周波電源PSが始動する。高周波電源PSはソフトスタートするが、低出力時は負荷とのインピーダンスマッチングが取れず、反射波電圧 V_{pr} が大となる。進行波電圧 V_{pr} は、ソフトスタートの特性にしがって増大する。このとき反射波電圧 V_{pr} の変化はかなり大であるが、進行波電圧 V_{pr} も同様に变化するから、($dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt$)はほぼゼロとなる。

【0031】したがってアーク検出、そしてこれに続くしゃ断という動作は防止できる。そして、時点 t_{16} から t_{17} になると、徐々に高周波電源PSと負荷とのインピーダンスマッチングが取れて反射波電圧 V_{pr} が減少

し、($dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt$)は負となり、さらに時点 t_{18} で進行波電圧 V_{pf} が設定値になり、反射波電圧 V_{pr} および($dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt$)もゼロとなる。

【0032】要するに、反射波電圧 V_{pr} はアーク発生時および高周波電源PSの再始動時に増加するが、進行波電圧 V_{pf} はアーク発生時は減少するのに高周波電源PSの再始動時は増加する。したがって、反射波電圧 V_{pr} および進行波電圧 V_{pf} の両者を監視すれば、アーク放電移行と高周波電源の再始動とを区別することができる。

【0033】この進行波および反射波の各電力を検出する方法は、電圧検出による方法よりも汎用性があり、しかもこれら電力の検出器はケーブル上のどの点に設置してもよいので高周波電源の出力に組込むことができ、インピーダンスマッチング回路IMへの配線が簡単になる。

【0034】図5は当業者によく知られた電力計CMの構造説明図であり、この図5により反射波電圧 V_{pr} および進行波電圧 V_{pf} について説明する。この図5において、Cは同軸ケーブルの芯線1とこの芯線1に並設されたアンテナ線2との間の静電容量、Mは芯線とアンテナ線2との相互誘導計数であり、これらC、Mを用いた電力計であることからCMカブラとも呼ばれ、通常は高周波通過型電力計と呼ばれる。

【0035】図5における抵抗R両端間の電圧 V_1 は、
【数1】

$$V_1 = \frac{RV}{R - j\frac{1}{\omega C}}$$

ここでV：出力電圧
で

【数2】

$$R \ll \frac{1}{\omega C}$$

とすれば、

【数3】

$$V_1 \approx j\omega CRV$$

である。また、 V_2 、 V_3 は、

【数4】

$$V_2 \approx V_3 = j\omega MI$$

ここでI：出力電流

であり、f点の電圧を V_f 、r点の電圧を V_r とすると、

$$V_f = V_1 + V_2$$

$$V_r = V_1 - V_3$$

である。

【0036】そして、結合係数を調整して V_1 と V_3 を

負荷が 50Ω のときに同じ大きさになるようにすると、
 $V_f = 2V_1$ $V_r = 0$

となる。この状態で、負荷を 50Ω 以外たとえば 100Ω の負荷に接続すると、

$$V_1 = 2V_2$$

となるから、

$$V_f = V_1 + V_2 = 2V_2 + V_2 = 3V_2$$

$$V_r = V_1 - V_2 = 2V_2 - V_2 = V_2$$

となり、 V_r は 0 ではなくなる。

【0037】一方、抵抗の替わりに静電容量（ 50Ω とする）を接続すると、電流位相は 90° 進んで V_2 が 90° 進むことになるからベクトル合成により、

【数5】

$$|V_f| \neq |V_r|$$

となる。

【0038】このように、電力計 CM、つまり CM カプラを用いると、伝達線路の終端に特性インピーダンスと同じ値の純抵抗 R_L が接続されたと同じ状態をモニタすることができる。これは、 $V_r = 0$ の状態である。

【0039】そして、 V_f および V_r をそれぞれダイオードで整流して、直流電圧として取出し指示計器に与えることとし、抵抗 $R = 50\Omega$ で消費する電力を知るには、 V_f の計器の指針の振れに応じた目盛を上記指示計器に付しておけば、高周波電力に対応した目盛となる。そして、この直流信号 V_{pf} つまり進行波電圧信号といい、 V_r の整流信号を V_{pr} つまり反射波電圧信号と呼ぶ。

【0040】図6は、図5の回路における純抵抗 R_L の部分についての、より具体的な回路構成を示したものである。すなわち、図における純抵抗 R_L は、図6の一点鎖線で囲まれた部分の右側部分における、電極を表わすコンデンサ C_e および放電抵抗 R_p の並列回路と、2つの可変コンデンサ C_1 、 C_2 およびインダクタンス L からなるインピーダンスマッチング回路とによって構成されている。

【0041】そして、可変コンデンサ C_1 、 C_2 によってインピーダンスマッチング回路 IM の調整を行うことにより、図における左側に接続された同軸ケーブルから見て放電装置を純抵抗にすることができる。

【0042】再び図1に戻ると、電力計 CM に接続された一点鎖線で囲まれたアーク検出制御回路 ACC では、電力計 CM に接続された単一周波数フィルタにより反射波信号 V_{pr} および進行波電圧 V_{pf} を取出し、微分回路を介して変化分を得、トランジスタ Q_f 、 Q_r および Q_o からなる差動増幅器により極性およびレベルを検出し、 $(dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt)$ なる信号を取出し、高周波電源 PS に与える。

【0043】すなわち、 V_{pf} の急激な立上りにより Q_r がオンとなって Q_f がオフになり Q_o にバイアスがかかって、高周波電源 PS に電源を遮断する時間に応じた

持続時間を持つアークカットパルスを与える。この場合、反射波電圧 V_{pr} の信号が与えられる差動増幅器入力端に設けられている抵抗 R_{M1} 、 R_{M2} 等は全然放電しなかったり、反射レベルが所定値以上になるのを防止して、装置の動作安定化を図るために挿入されている。

【0044】図7は、給電停止時間を段階的に変化したときの放電持続いかんを波形図として示したものである。すなわち、給電停止時間を 100 マイクロ秒、 25 マイクロ秒および 5 マイクロ秒と、段階的に短縮していったときの放電持続いかんを検証した結果を、左から順に示している。この図7における最も左側の波形は給電停止時間を 100 マイクロ秒としたときを示し、中央の波形は 25 マイクロ秒としたときを示し、最も右側の波形は 5 マイクロ秒としたときを示している。

【0045】そして、これら3者のうちで 5 マイクロ秒のときだけ放電が継続し、他の 100 マイクロ秒および 25 マイクロ秒の場合は停止してしまっただけでなく、給電停止時間が 10 マイクロ秒程度でも放電が持続した。

【0046】

【発明の効果】本発明は上述のように、グロー放電からアーク放電への移行を検出したとき、検出直後の 10 マイクロ秒以内の時間だけグロー放電装置への給電を停止するようにしたため、放電開始圧力より低いスパッタ圧力下でもアークを放電を停止しかつグロー放電へ円滑移行することができる。この結果、試料に良質のスパッタ膜を歩留まりよく形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るグロー放電装置の給電制御回路。

【図2】図1に示した装置におけるアーク発生前後の状態変化を示すタイムチャート。

【図3】スパッタリング用のグロー放電中にアーク放電への移行があったときのターゲットーチャンバ間の電圧変化を示した波形図。

【図4】図1に示した実施例の動作説明のための信号の変化を示すタイムチャート。

【図5】図1の回路に用いる電力計 CM の構造説明図。

【図6】図5の回路における純抵抗 R_L の部分についての、より具体的な回路構成を示した回路図。

【図7】給電停止時間を段階的に変化したときの放電持続いかんを示す波形図。

【符号の説明】

1, 2 増幅器

3, 4 微分回路

5 コンパレータ

6 モノマルチ回路

7 可変抵抗器

PS 高周波電源回路

CM 電力計

GD グロー放電装置

S 試料

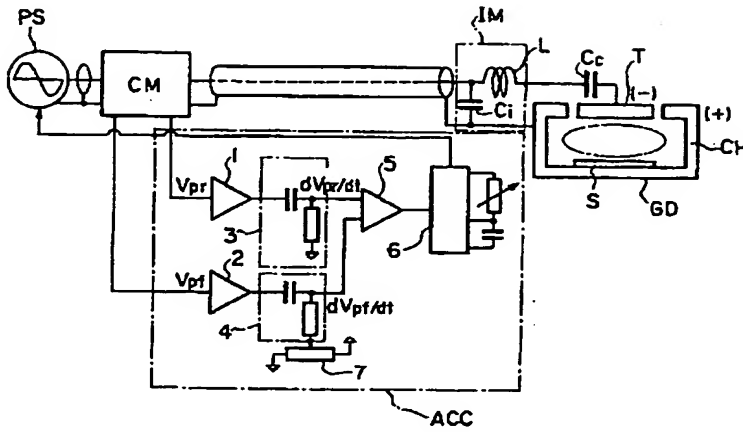
IM インピーダンスマッチング回路

Vpr 反射波電圧

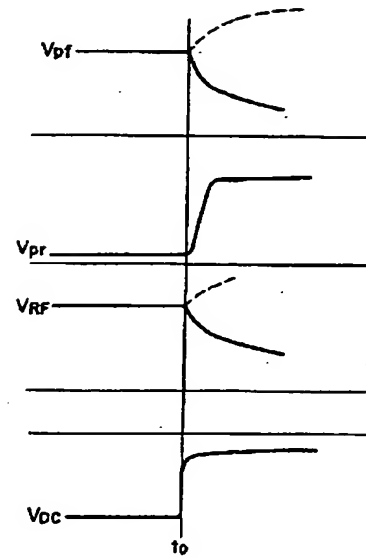
Vpf 進行波電圧

ACC アーク検出制御回路

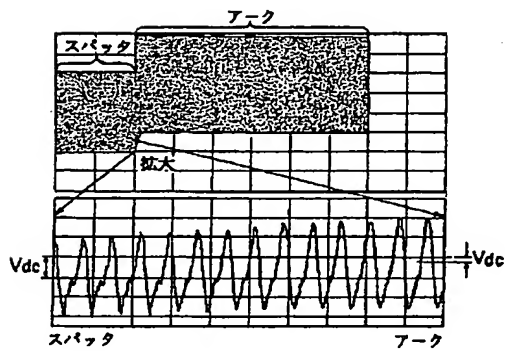
【図 1】



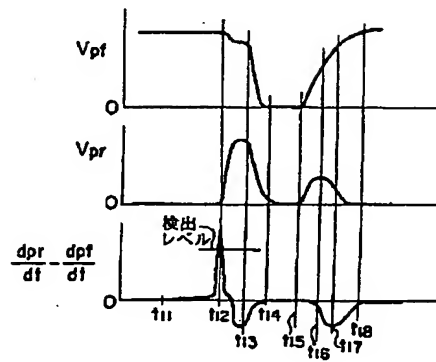
【図 2】



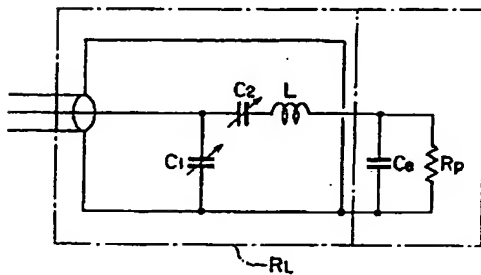
【図 3】



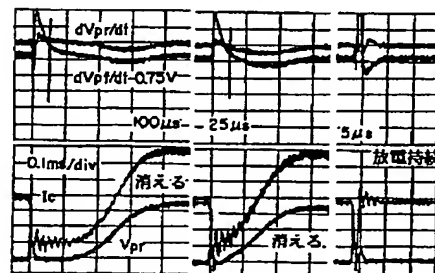
【図 4】



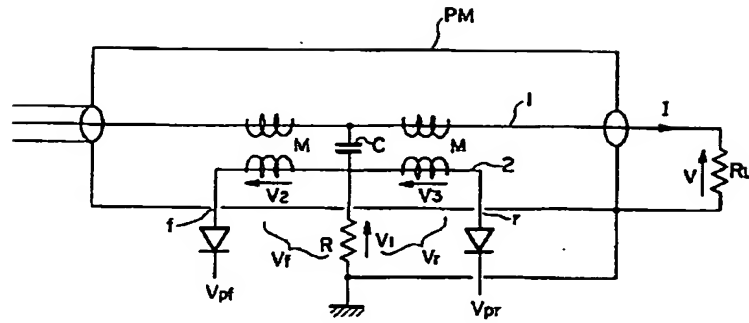
【図 6】



【図 7】



【図5】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-133412

(43)Date of publication of application : 12.05.2000

(51)Int.Cl.

H01T 15/00
// C23C 14/40

(21)Application number : 10-310796

(71)Applicant : SHIBAURA MECHATRONICS CORP

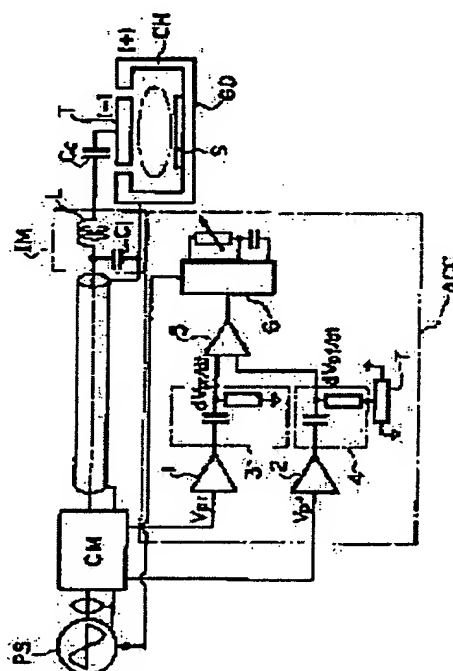
(22)Date of filing : 30.10.1998

(72)Inventor : KURIYAMA NOBORU

(54) DISCHARGE CONTROL METHOD OF GLOW DISCHARGE APPARATUS AND DISCHARGE CONTROL APPARATUS**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and an apparatus for power supply control capable of stably making glow discharge by restraining arc discharge by sputtering process pressure lower than discharge starting pressure.

SOLUTION: In a method for controlling discharge in a glow discharge apparatus GD using a high frequency power source PS, when transition from glow discharge to arc discharge in the glow discharge apparatus GD is detected, feeding from the high frequency power control PS is stopped for within 10 μ sec. shortly after that detection. A discharge control apparatus is provided with a difference circuit 5 which gets the amount of charge in reflected wave voltage and the amount of charge in traveling wave by signals took out from the apparatus GD through the power supply PS, a watt meter CM and an impedance matching circuit IM, and from the watt meter CM to take out difference between the former and the latter in the amount of change. The apparatus is also provided with a control circuit 6 which detects the transition by output from the circuit 5, and then stops feeding from the power supply PS for within 10 μ sec.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 30.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 14.08.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The controlling-the-discharge approach of glow discharge equipment that the shift to arc discharge from the glow discharge in said glow discharge equipment is detected, and only time amount for less than 10 microseconds immediately after this detection is characterized by making it stop the electric supply from said RF generator in the approach of controlling the discharge in the glow discharge equipment using an RF generator.

[Claim 2] The glow discharge equipment supplied through a wattmeter and an impedance-matching circuit from an RF generator, The difference circuit which obtains a changed part of a reflected wave electrical potential difference, and a changed part of a progressive wave electrical potential difference with the signal taken out from said wattmeter, and takes the difference of the former for these change, and the latter, The discharge control unit which offered the control circuit where it detects that said glow discharge equipment shifted to arc discharge from glow discharge based on the output of this difference circuit, and only the time amount for less than 10 microseconds stops the electric supply from said RF generator.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the control approach at the time of starting the controlling-the-discharge approach of glow discharge equipment and discharge control unit which used the RF generator, especially shifting to arc discharge from glow discharge, and a control unit.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, in a sputtering technique, although glow discharge is performed in predetermined space, especially for carrying out sputtering of the insulating material etc., electric power is supplied using an RF generator. In this RF sputtering, it shifts to arc discharge suddenly during processing by that glow discharge, and a damage may be given to a sample. Generally, if power becomes large, it will become easy to generate arc discharge. That is, it becomes the field which will not immediately disappear even if an arc arises from a field with little generating of an arc if power is increased and the sputtering rate is enlarged, and if it enlarges further, it will become the field which carries out arc discharge continuously and does not disappear.

[0003] The power value to which the ease of generating of an arc and an arc do not disappear is decided by the quality of the material of the target used as the electrode of another side, the consistency, cooling conditions, etc., when a vacuum housing (chamber) is used as one electrode. although it is also possible to consider as the conditions which cannot generate an arc easily by defining power according to the quality of the material of a target, since various quality of the materials of a target come out and there are, they are not practical.

[0004] Therefore, when beginning to shift to arc discharge from glow discharge, a most practical and effective approach intercepts an arc.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] About this arc cutoff, the shift to arc discharge from glow discharge will be detected, and, subsequently the electric supply from an RF generator will be stopped immediately. And an electric supply stop time will shift to arc discharge again, if suitable time amount is not chosen. This electric supply stop time is conventionally made into about 200 microseconds, and such employment is made.

[0006] However, although arc discharge stops even if an electric supply stop time is 200 microseconds, a situation with it difficult [to maintain the glow discharge for continuing another side sputtering] is coming out. This originates in the application as functional film of a spatter thin film making breadth and a spatter pressure lower than a discharge-starting pressure, and performing a process increasingly.

[0007] Thus, under the fall inclination of spatter process **, that an electric supply halt for 200 microseconds has a bad influence on glow discharge poses a problem.

[0008] It aims at offering the approach and equipment which perform power control which this invention was made in consideration of the above-mentioned point, controls arc discharge by spatter process ** lower than a discharge-starting pressure, and performs glow discharge stably.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In the approach of controlling the discharge in the glow discharge equipment which used the RF generator according to claim 1 by this invention for the above-mentioned purpose achievement The shift to arc discharge from the glow discharge in said glow discharge equipment is detected. The controlling-the-discharge approach of the glow discharge equipment characterized by covering the time amount for less than 10 microseconds immediately after this detection, and making it stop the electric supply from said RF generator, And the glow discharge equipment supplied through a wattmeter and an impedance-matching circuit from an RF generator according to claim 2, The difference circuit which obtains a changed part of a reflected wave electrical potential difference, and a changed part of a progressive wave electrical potential difference with the signal taken out from said wattmeter, and takes the difference of the former for these change, and the latter, After detecting that said glow discharge equipment shifted to arc discharge from glow discharge based on the output of this difference circuit, the discharge control unit which offered the control circuit which stops the electric supply from said RF generator over the time amount for less than 10 microseconds is offered.

[0010]

[Embodiment of the Invention] Electric power is supplied to glow discharge equipment through a wattmeter and a matching circuit from an RF generator. Since this electric supply path transmits a RF, it is regarded as a distributed constant circuit.

[0011] While glow discharge is performed, from an RF generator to a discharge device, electric supply is performed so that progressive wave power may become [reflected wave power] few as much as possible greatly, and reflected wave power and progressive wave power do not carry out big change. On the other hand, if arc discharge arises with glow discharge equipment, reflected wave power increases rapidly and this change can detect arc discharge generating.

[0012] On the other hand, generating of arc discharge decreases progressive wave power. Therefore, when reflected wave power's having increased rapidly and progressive wave power decreased, the shift to arc discharge is detectable.

[0013] Making reduction of progressive wave power into another condition of arc discharge shift detection is based on the following reason. Reflected wave power increases rapidly also at the time of restart of an RF generator, and cannot distinguish what is depended on arc discharge shift, or the thing at the time of restart of an RF generator in having been based only on reflected wave power. Although this point and progressive wave power decrease at the time of arc discharge shift, it increases at the time of restart of an RF generator. Therefore, arc discharge shift is discriminable from the time of restart of an RF generator by supervising both reflected wave power and progressive wave power.

[0014] Here, in the sputtering system, as mentioned above, low voltage-ization of a spatter pressure is attained. That is, reducing the pressure of the argon gas with which it fills up in a chamber as an attempt which improves the quality of the generation film is performed. This is based on the following reason.

[0015] In order to obtain the good generation film, sputtered particles need to carry out high-speed migration, without slowing down the inside of a chamber, and need to collide with a target. The direction with few argon atomic numbers which exist in the moving trucking of sputtered particles is good for it. If the pressure in a chamber is lowered, the probability for sputtered particles to be in the middle of migration, and to collide with other argon atoms will decrease. Then, reducing argon ** in a spatter pressure, i.e., a chamber, is performed.

[0016] In this case, when becoming a problem shifts to arc discharge from glow discharge, an RF generator is intercepted and arc discharge is stopped, but if the electric supply stop time of an RF generator becomes long, in order that the plasma may disappear, it is that glow discharge disappears and it becomes impossible to continue sputtering. This showed that the electric supply stop time of an RF generator had to be made to some extent into the following die length.

[0017]

[Example] Drawing 1 shows the electric supply control circuit of the glow discharge equipment concerning this invention. In this circuit, it connects with a target and a chamber through a coaxial cable, Wattmeter CM, a coaxial cable, the impedance-matching circuit IM, and the direct-current cut capacitor

Cc from RF generator PS which produces an output with a frequency of 13.56MHz, for example, and has the composition that electric power is supplied between target-chambers from RF generator RF. And the arc detection control circuit ACC is connected to Wattmeter CM.

[0018] In order to perform electric supply control in this RF feeder circuit, the difference which used the reflected wave electrical potential difference V_{pr} and the progressive wave electrical potential difference V_{pf} , gave differential circuits 3 and 4 through amplifier 1 and 2 instead of the reflected wave power taken out from Wattmeter CM and progressive wave power, took out differential signal dV_{pr}/dt and dV_{pf}/dt , gave these differential signal to the comparator 5, and deducted the latter from the former is acquired. Although this difference is given to the mono-multi circuit 6, if a difference is above large to some extent, it will be given as the arc cut pulse with the persistence time, i.e., a power-source cutoff signal, which shows interrupting time from the mono-multi circuit 6 to RF generator RF, and RF generator RF will stop electric supply.

[0019] In the equipment shown in this drawing 1, GD is glow discharge equipment, on the other hand, produces glow discharge between the targets T a pole is a vacuum housing CH and is [targets] an another side pole, and performs sputtering here. 13.56MHz RF electric supply is performed to this glow discharge equipment GD through Wattmeter CM (power monitor), the impedance-matching circuit IM, and the direct-current cut capacitor Cc from RF generator PS.

[0020] That is, Wattmeter CM has the terminal which can connect the equipment or the instrument which measures high-frequency power. Moreover, the impedance-matching circuit IM adjusts a line impedance and the impedance of glow discharge equipment GD, by this, it adjusts the output of RF generator PS so that progressive wave power to a load may be made into max and reflective power from a load may be made into min, and it supplies high-frequency power to glow discharge equipment GD well. Since glow discharge equipment GD follows rectification on the discharge, direct current voltage VDC occurs at Target T, and it is separated in direct current by the direct-current cut capacitor Cc between the impedance-matching circuits IM.

[0021] Drawing 2 shows the change of state before and behind arcing in the equipment shown in drawing 1 as a timing diagram. Here, the progressive wave electrical potential difference V_{pf} , the reflected wave electrical potential difference V_{pr} , the output voltage V_{RF} of the impedance-matching circuit IM, and the target direct current voltage VDC of glow discharge equipment GD are shown. First, the electric supply electrical potential difference V_{pf} falls or rises by arcing. Although this changes according to the conditions of the impedance-matching circuit IM etc., it usually comes to fall.

[0022] On the other hand, although stopped by **** zero before arcing, the reflected wave electrical potential difference V_{pr} surely rises, when load impedance changes by arcing. Moreover, although high-frequency voltage V_{RF} changes with point of measurement, it usually falls.

[0023] And direct current voltage VDC changes from the quality of the material of a power value, a load, and a target, and the negative high voltage which becomes settled by gas rapidly toward zero. Therefore, arcing is detectable by choosing and supervising the suitable thing in these 4 element.

[0024] Drawing 3 shows the electrical-potential-difference change between target-chambers when the shift to arc discharge is during the glow discharge for sputtering. Since area is small compared with a chamber, if a target performs RF glow discharge among both, a kind of rectification will arise and a target side will produce the direct current voltage VDC of -. And if it shifts to arc discharge, it is also known that this direct current voltage VDC will decrease rapidly.

[0025] The electrical-potential-difference change between target-chambers is divided into two steps of upper and lower sides, axis-of-abscissa 1 graduation which is a time-axis is made into 1 ms on the upper case, and the lower berth expresses axis-of-abscissa 1 graduation with this drawing 3 as 0.1 microseconds. And the transition period from the glow discharge in an upper case to arc discharge is expanded and shown along with the time-axis.

[0026] On the upper case, since the level difference is produced by the shift to an arc period from a spatter period, to being clear, the electrical potential difference VDC between target-chambers is shown in wave-like right-and-left both ends, and Vdc at the right end of a wave can **** a small thing compared with Vdc at the left end of a wave in the lower berth. That is, when it passes through 0.6

microseconds of transition times, it turns out that V_{dc} changes only in this. Then, the shift to arc discharge from glow discharge is detectable by supervising V_{dc} .

[0027] However, V_{dc} is undetectable in a target being a nearly perfect insulating material. Also in this case, it is the approach of seeing the value $(dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt)$ to which the effective detecting method took each differential $(dV_{pr}/dt, dV_{pf}/dt)$ of a reflected wave electrical potential difference (V_{pr}) and a progressive wave electrical potential difference (V_{pf}), and deducted the latter from the former.

[0028] Drawing 4 is a timing diagram which shows change of both the signals of the progressive wave electrical potential difference V_{pf} for explanation of the example shown in drawing 1 of operation, and the reflected wave electrical potential difference V_{pr} , and the changed differential signal $(dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt)$ based on both [these] signals. First, in the progressive wave electrical potential difference V_{pf} , the set point and the reflected wave electrical potential difference V_{pr} serve as zero, therefore $(dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt)$ zero t11 at the time of normal discharge.

[0029] Subsequently, if set to t12 at the arcing time, the progressive wave electrical potential difference V_{pf} will fall (rise), and the reflected wave electrical potential difference V_{pr} will go abruptly up, therefore $(dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt)$ it will start steeply, and a disregard level will be exceeded. thereby, a control circuit CC carries out detection actuation, and RF generator PS is stopped -- making -- Time t -- RF generator PS stops in 13. then, a time -- up to t14 -- LC of RF generator PS and the impedance-matching circuit IM -- a damping-oscillation current -- flowing -- subsequently -- Time t -- it becomes the quiescent time by timer actuation of a control circuit CC to 15.

[0030] By t15, RF generator PS starts at the time after progress of the quiescent time. Although the soft start of RF generator PS is carried out, at the time of low-power output, impedance matching with a load cannot be taken but the reflected wave electrical potential difference V_{pr} serves as size. The progressive wave electrical potential difference V_{pr} increases according to the property of a soft start. Although change of the reflected wave electrical potential difference V_{pr} is quite size at this time, since the progressive wave electrical potential difference V_{pr} changes similarly, $(dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt)$ serves as zero mostly.

[0031] Therefore, actuation called arc detection and cutoff following this can be prevented. and the time t -- if set to t17 from 16 -- gradually -- impedance matching of RF generator PS and a load -- it can take -- the reflected wave electrical potential difference V_{pr} -- decreasing -- $(dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt)$ -- negative -- becoming -- further -- Time t -- the progressive wave electrical potential difference V_{pf} becomes the set point by 18, and it becomes the reflected wave electrical potential difference V_{pr} and $(dV_{pr}/dt - dV_{pf}/dt)$ zero.

[0032] In short, although the reflected wave electrical potential difference V_{pr} increases at the time of arcing and restart of RF generator PS, the progressive wave electrical potential difference V_{pf} increases to decreasing at the time of arcing at the time of restart of RF generator PS. Therefore, if both reflected wave electrical potential difference V_{pr} and progressive wave electrical potential difference V_{pf} are supervised, arc discharge shift and restart of an RF generator are distinguishable.

[0033] The approach of detecting each power of this progressive wave and a reflected wave is flexible from the approach by electrical-potential-difference detection, and moreover, since the detector of these power may be installed in any point on a cable, it can include in the output of an RF generator, and wiring in the impedance-matching circuit IM becomes easy.

[0034] Drawing 5 is the structure explanatory view of the wattmeter CM well known to this contractor, and explains the reflected wave electrical potential difference V_{pr} and the progressive wave electrical potential difference V_{pf} by this drawing 5. the electrostatic capacity between the aerial wires 2 in which C was installed by the core wire 1 and this core wire 1 of a coaxial cable side by side in this drawing 5, and M -- the mutual induction of a core wire and an aerial wire 2 -- it is counting, since it is a wattmeter using these [C and M], it is also called CM coupler, and it is usually called a RF passage mold wattmeter.

[0035] Electrical potential difference V_1 between the resistance R both ends in drawing 5 [Equation 1]

$$V_1 = \frac{R V}{R - j \frac{1}{\omega C}}$$

It is here, is V:output voltage and is [Equation 2].

$$R \ll \frac{1}{\omega C}$$

Then, [Equation 3]
 $V_1 \approx j \omega C R V$

It comes out. Moreover, V2 and V3 are [Equation 4].
 $V_2 \approx V_3 = j \omega M I$

It is here and is I:output current, and when Vf and the electrical potential difference of r points are set to Vr for the electrical potential difference of f points, it is Vf=V1+V2 Vr=V1-V3.

[0036] And a coupling coefficient is adjusted and it is V1. V3 When a load is 50ohms and it is made to become the same magnitude, it is Vf=2V1. It is set to Vr=0. Since it is set to V1=2V2, it is set to Vf=V1+V2=2V2+V3=3V2 Vr=V1-V3=2V2+V2=V2, and Vr stops being 0 if a load is connected to the 100-ohm load except 50ohms in this condition.

[0037] On the other hand, when electrostatic capacity (it may be 50 ohms) is connected instead of resistance, 90 degrees of current phases progress and they are V2. Since 90 degrees will progress, it is [Equation 5] by vector composition.
 $|V_f| \approx |V_r|$

It becomes.

[0038] Thus, if Wattmeter CM, i.e., CM coupler, is used, it is the pure resistance RL of the value same with the termination of a transfer track as a characteristic impedance. The monitor of the same condition can be carried out to having connected. This is in the condition of Vr=0.

[0039] And diode rectifies Vf and Vr, respectively and it supposes that a drawing indicating instrument is given as direct current voltage, and if the graduation according to the deflection of the guide of the instrument of Vf is given to the above-mentioned indicating instrument in order to get to know the power consumed by R= 50 ohms of resistance, it will become a graduation corresponding to high-frequency power. And it is called this direct current signal Vpf, i.e., a progressive wave voltage signal, and the rectification signal of Vr is called Vpr, i.e., a reflected wave voltage signal.

[0040] Drawing 6 is the pure resistance RL in the circuit of drawing 5. The more concrete circuitry about a part is shown. Namely, pure resistance RL in drawing The parallel circuit of the capacitor Ce showing an electrode in the right-hand side part of the part surrounded with the alternate long and short dash line of drawing 6, and the discharge resistance Rp, two variable capacitors C1, and C2 And it is constituted by the impedance-matching circuit which consists of an inductance L.

[0041] And by adjusting the impedance-matching circuit IM with variable capacitors C1 and C2, it can see from the coaxial cable connected to the left-hand side in drawing; and a discharge device can be made pure resistance.

[0042] If it returns to drawing 1 again, in the arc detection control circuit ACC surrounded with the alternate long and short dash line connected to Wattmeter CM, the signal which detects a polarity and level with the differential amplifier which obtains a changed part through drawing and a differential circuit, and consists the reflected wave signal Vpr and the progressive wave electrical potential difference Vpf of transistors Qf, Qr, and Qo with the single frequency filter connected to Wattmeter CM (dVpr/dt-dVpf/dt) will be given to drawing and RF generator PS.

[0043] That is, Qr serves as ON by the rapid standup of Vpf, Qf becomes off, bias starts Qo, and an arc cut pulse with the persistence time according to the time amount which intercepts a power source to RF generator PS is given. In this case, the resistance RM 1 prepared in the differential-amplifier input edge

at which the signal of the reflected wave electrical potential difference V_{pr} is given, and RM2 grade do not discharge at all, or prevent that reflective level becomes beyond a predetermined value, and they are inserted in order to attain stabilization of equipment of operation.

[0044] Drawing 7 shows the discharge self-sustaining situation when changing an electric supply stop time gradually as a wave form chart. That is, the result of having verified the discharge self-sustaining situation when shortening an electric supply stop time gradually with 100 microseconds, 25 microseconds, and 5 microseconds is shown sequentially from the left. The wave by the side of the leftmost in this drawing 7 shows the time of making an electric supply stop time into 100 microseconds, a central wave shows the time of considering as 25 microseconds, and the wave of most right-hand side shows the time of considering as 5 microseconds.

[0045] And discharge continued among these 3 persons only at the time of 5 microseconds, and when it is other 100 microseconds and 25 microseconds, it has stopped. Although not illustrated, discharge continued [the electric supply stop time] at least about 10 microseconds.

[0046]

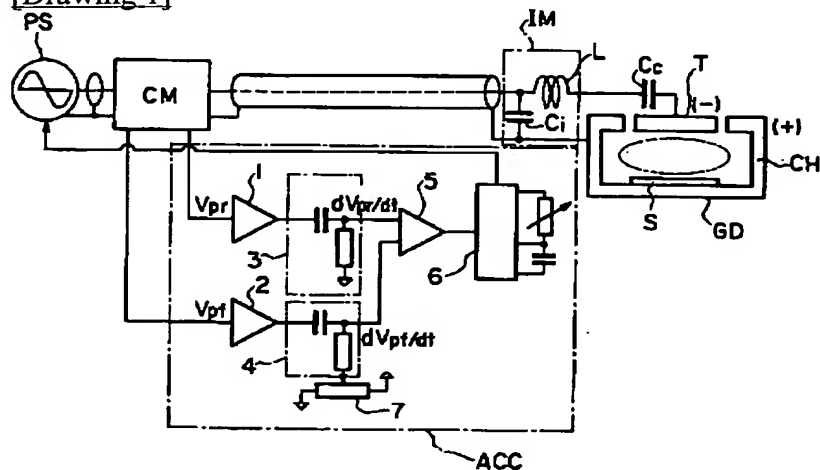
[Effect of the Invention] As mentioned above, when the shift to arc discharge from glow discharge is detected, since it was made only for the time amount for less than 10 microseconds immediately after detection to stop the electric supply to glow discharge equipment, also under a spatter pressure lower than a discharge-starting pressure, this invention can suspend discharge and can carry out the smooth shift of the arc to glow discharge. Consequently, the good spatter film can be formed in a sample with the sufficient yield.

[Translation done.]

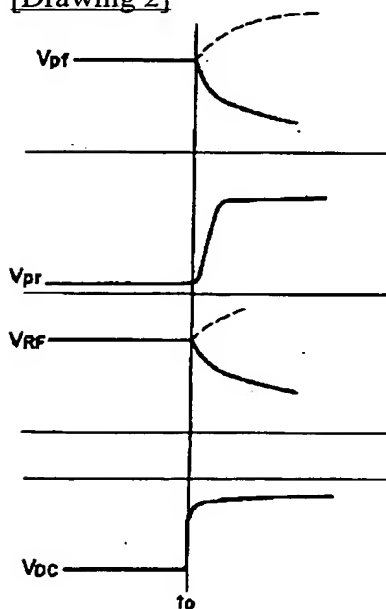
JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

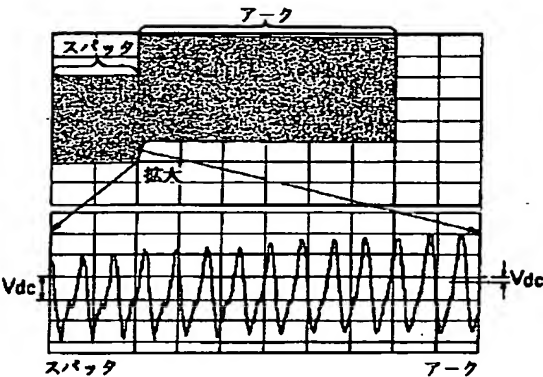
[Drawing_1]



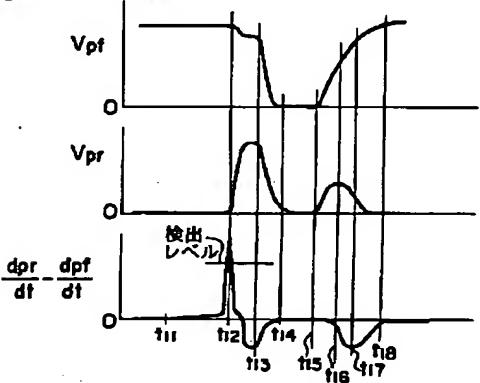
[Drawing 2]



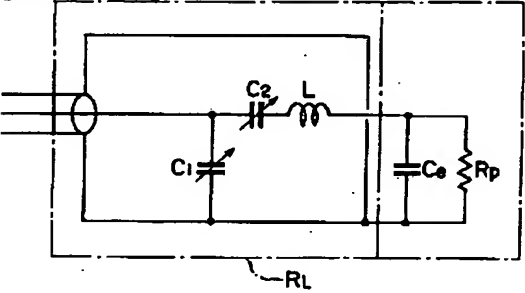
[Drawing 3]



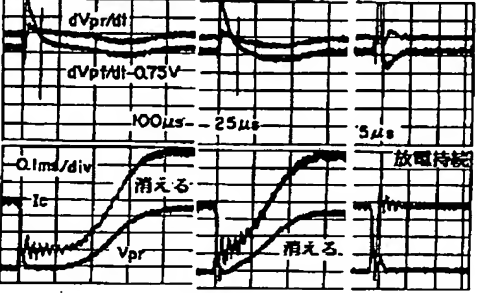
[Drawing 4]



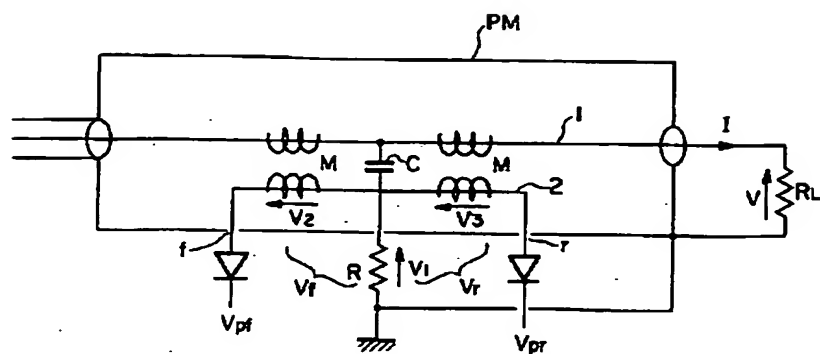
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 5]



[Translation done.]